

Les fiches techniques

52

La modulation d'énergie La gradateurs à train d'ondes



52 Gradateurs à train d'ondes

52.1 Généralités

52.11 Propriétés

- L'utilisation des thyristors et triacs entraîne une génération d'harmoniques qui, réinjectés sur les réseaux de faible puissance, perturbent la réception radiophonique.
- Ce phénomène est observé lorsque les éléments semi-conducteurs sont utilisés en découpage de la tension réseau.
- Pour remédier à cet inconvénient, on envisage un type de gradateur dit à trains d'ondes qui élimine les risques de perturbation.
- Le principe utilisé est basé sur la commande dite « au zéro de tension ». Quel que soit l'instant où l'ordre d'amorçage est envoyé au semi-conducteur, celui-ci ne deviendra passant qu'au moment où la sinusoïde du réseau passe par zéro.

52.12 Principe de fonctionnement

- Le circuit de puissance du gradateur à train d'ondes est identique à celui d'un gradateur à découpage de phase. Seule l'électronique de commande est différente.
- La durée du signal de commande appliqué sur les gâchettes des semi-conducteurs permet de moduler l'énergie. Dans le cas d'une régulation de température, l'information issue du régulateur module le temps t_1 . Le cycle se répète à chaque période T_c .
- On obtient une alternance d'un train d'ondes sinusoïdales (de durée t_1) avec une absence de tension sur une période de quelques secondes (de durée T_c).

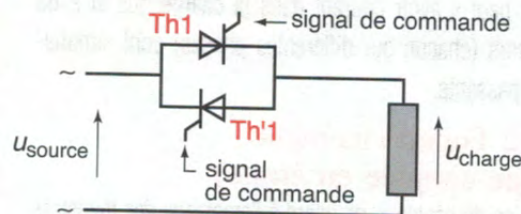
52.13 Domaine d'emploi

- Réservé aux systèmes à forte inertie (systèmes thermiques : chauffage d'un volume de solide, d'un débit de liquide ou de gaz) souvent associés à une régulation permettant de maintenir une température à une valeur de consigne.

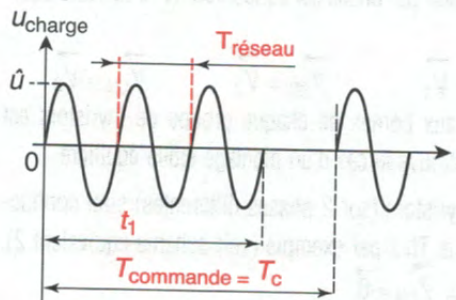
52.14 Performances

- Ce procédé de modulation d'énergie ne dégrade pas le facteur de puissance de l'installation.
- **Contrairement aux gradateurs à découpage de phase**, la tension aux bornes de la charge est alternative sinusoïdale et pour une charge purement résistive, il n'y a aucune consommation de puissance réactive. Cela est très important car les puissances rencontrées en électrothermie sont grandes.

GRADATEUR À TRAIN D'ONDES : CIRCUIT DE PUISSANCE



ALLURE DE LA TENSION AUX BORNES DE LA CHARGE



Grandeurs efficaces

On considère que la tension aux bornes de la charge comporte autant d'alternances positives que d'alternances négatives durant le temps t_1 . La valeur moyenne de cette tension est nulle.

Valeur efficace

Par définition,
$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T_c} \times \int_0^{t_1} u^2(t) dt}$$

On démontre que :
$$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \times \sqrt{T_{\text{réseau}} \times \frac{\alpha}{T_c}}$$

α : nombre de périodes du réseau durant le temps t_1 .

$$\alpha = \frac{t_1}{T_{\text{réseau}}} \Rightarrow U_{\text{eff charge}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{t_1}{T_c}}$$

EXEMPLE :

$U_{\text{eff réseau}} = 230 \text{ V}$.

Charge purement résistive $R = 10 \Omega$.

On mesure à l'oscilloscope : $T_c = 4 \text{ s}$ et $t_1 = 2 \text{ s}$.

On détermine : $U_{\text{eff charge}} = 162 \text{ V}$.

$P_{\text{charge}} = 2,6 \text{ kW}$ $I_{\text{eff}} = 16,3 \text{ A}$.

52.15 Calcul de la puissance moyenne

Mesure du rapport cyclique

Un relevé à l'oscilloscope de $u_{charge} = f(t)$ ou $i_{charge} = f(t)$ permet de déterminer t_1 et T_c .

t_1 : durée de conduction des semi-conducteurs.

T_c : période totale de fonctionnement.

On définit ensuite le rapport cyclique : $\tau = \frac{t_1}{T_c}$

$$P_{moy} = \tau \times P_{installée\ de\ la\ charge}$$

Mesure de l'énergie active

La mesure de l'énergie active consommée durant un temps t permet aussi de déterminer la puissance moyenne : $P = W/t$. L'utilisation d'un compteur d'énergie active mesure l'énergie W : $W = C \times n$;

avec C : constante du compteur d'énergie en Wh/tr.

n : nombre de tours durant le temps t (à convertir ici en heures).

$$P = \frac{W}{t}$$

EXEMPLES :

Le disque d'un compteur d'énergie active ($C = 4$ Wh/tr) effectuée 10 tr/min. La puissance consommée sera donc égale à 2 400 W.

52.2 Circuits de commande

52.21 Exemple 1

Unité de puissance monophasée, ordre de commande logique

Cette unité de puissance comprend l'interrupteur de puissance associé à l'électronique de commande. Elle permet de piloter une intensité sur charge résistive à partir de l'ordre logique d'un régulateur.

Quel que soit l'instant d'ordre de chauffe et sa durée par rapport à la sinusoïde du réseau, la tension aux bornes de la charge sera alternative sinusoïdale.

Principe de fonctionnement

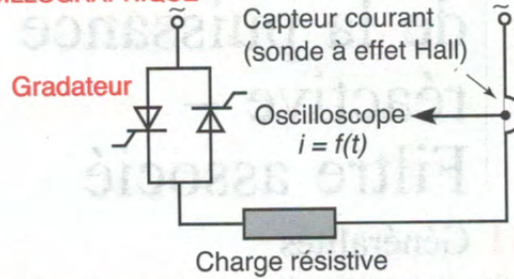
Ce montage permet d'amorcer le triac pratiquement au passage par zéro de la tension réseau, à condition que l'ordre logique de commande soit présent.

Dans ce cas, l'opto-coupleur devient passant et permet d'amorcer le thyristor auxiliaire qui génère une impulsion sur la grille de commande du triac.

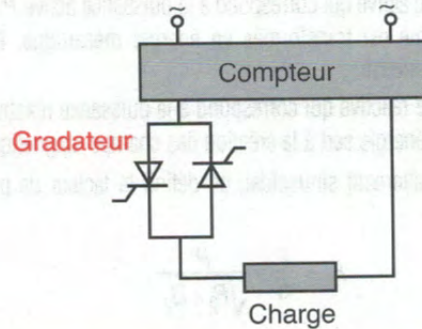
L'isolation galvanique est réalisée au niveau de l'entrée (opto-coupleur) du circuit de commande.

Le nombre entier de périodes n'est pas forcément obtenu.

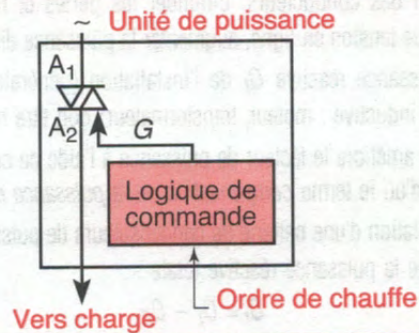
DÉTERMINATION DU RAPPORT CYCLIQUE : RELEVÉ OSCILLOGRAPHIQUE



MESURE DE L'ÉNERGIE ACTIVE



EXEMPLE 1 CIRCUIT DE COMMANDE DE GRADATEURS A TRAIN D'ONDES



SCHEMA STRUCTUREL INTERNE D'UNE UNITÉ DE PUISSANCE MONOPHASÉE

